

Prototipe Sistem Rotator Untuk Stasiun Bumi

1st Khairon Rafi Sukma Pratama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
khaironrafi@telkomuniversity.ac.id

2nd Bambang Setia Nugroho
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id

3rd Edwar
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Jurnal berikut membahas mengenai desain dan implementasi rotator yang berkemampuan penuh untuk memfasilitasi pergerakan stasiun bumi. Rotator merupakan komponen penting dalam sistem komunikasi satelit, yang bertujuan untuk memastikan antena dapat beroperasi dengan optimal dalam melacak dan menerima sinyal dari satelit yang bergerak. Rotator bekerja dengan cara menggerakkan antena pada sumbu azimut dan elevasi, memungkinkan penyesuaian sudut untuk mengikuti lintasan satelit di orbitnya. Sistem rotator biasanya terdiri dari motor penggerak, kontroler elektronik, dan mekanisme transmisi. Perangkat lunak dan perangkat keras yang digunakan untuk rotator ini dirancang bersifat modular sehingga sistem dapat dengan mudah dimodifikasi dan ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan misi di masa yang akan datang. Rotator ini berbasis dari Satnogs *ground station* dengan frame berbahan aluminium dengan dua motor stepper dan kontrol Arduino dipadukan dengan board CNC shield V3 dan dua buah modul a4988. Untuk komponen transmisi digunakan cetak 3D berbahan ABS yang memiliki ketahanan tinggi. Pergerakan dikontrol menggunakan software seperti Hamlib dan Gpredict yang terhubung pada server Satnogs.

Kata kunci— rotator, stasiun bumi, sumbu azimuth dan elevasi, Gpredict.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan mengenai riset teknologi satelit berukuran kecil atau *nanosatellite* sedang mengalami perkembangan yang cukup pesat di Indonesia. Ini dilakukan demi memenuhi kebutuhan teknologi komunikasi dan informasi. Satelit ini memiliki dimensi (10x10x10cm) atau 1U dan memiliki berat 1 sampai 10 kg. Umumnya *nanosatellite* dirancang untuk mengorbit pada ketinggian 600 hingga 1.000 km dari permukaan bumi, dengan ketinggian tersebut biasanya ini dikenal sebagai LEO yaitu (*low earth orbit*)[1].

Pada penerapannya *nanosatellite* membutuhkan stasiun bumi sebagai sarana pengoperasian satelit. Stasiun bumi sendiri berfungsi sebagai penerima data satelit maupun sebagai pengirim data menuju satelit. Masih umum ditemukan stasiun bumi yang memiliki mekanisme bersifat tetap (*fixed*), tetapi tidak jarang stasiun bumi memiliki mekanisme *rotator* atau berpenggerak[2].

Karena satelit selalu bergerak maka dibutuhkan untuk menjejak atau istilahnya adalah *mengetrack* lintasan satelit, biasanya ini membutuhkan mekanisme yang disebut *rotator*. *Rotator* sendiri adalah suatu sistem penggerak yang ada pada stasiun bumi. Mekanisme ini terdiri dari dua sumbu yaitu

sumbu elevasi dan sumbu azimut, fungsinya untuk menggerakkan posisi antena ke sudut tertentu sesuai posisi satelit saat mengorbit[3].

II. KAJIAN TEORI

A. Stasiun Bumi

Stasiun bumi adalah stasiun yang berfungsi sebagai sarana komunikasi antar satelit dengan bumi, biasanya menyediakan layanan telemetri, pelacakan dan *command*. Cara stasiun bumi ini berkerja adalah dengan mengarahkan antena pada stasiun bumi ke arah satelit mengorbit. Untuk satelit *low earth orbit* LEO lintasan mengorbitnya terbilang singkat hanya beberapa menit saja, tergantung pada posisi satelit terhadap stasiun bumi[4].

B. Rotator

Rotator adalah suatu mekanisme penggerak pada stasiun bumi. Mekanisme ini berfungsi untuk menggerakkan antena ke dua sumbu yaitu azimut dan elevasi. Biasanya *rotator* elevasi mampu bergerak hingga 180 derajat sementara rotator azimuth mampu bergerak hingga 360 derajat, ini diperlukan untuk menjejak atau istilahnya *mengetrack* satelit[3].

C. Motor Stepper

Motor stepper merupakan jenis motor yang bergerak dalam langkah – langkah atau *step* ini memungkinkan untuk pengaplikasian pada mekanisme *rotator* dikarenakan membutuhkan kontrol posisi yang presisi.

D. Mikrokontroler

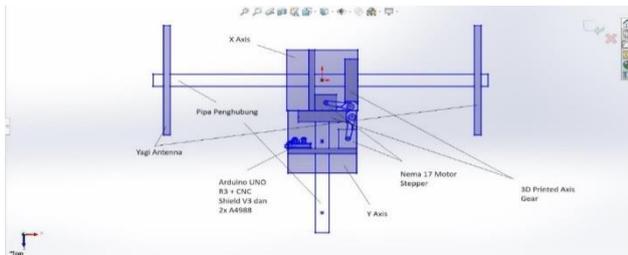
Mikrokontroler adalah perangkat komputasi yang berukuran kecil, fungsinya untuk menjalankan tugas – tugas kontrol sederhana. Ini sangat penting untuk sistem mekanisme *rotator* untuk mengontrol sudut elevasi dan azimut.

E. Gpredict

Gpredict adalah perangkat lunak *open source* digunakan untuk melacak satelit dengan cara *real time*. Ini memungkinkan pengguna untuk memantau posisi satelit saat sedang mengorbit. Gpredict sebagai perangkat lunak pada *rotator* dapat memberikan informasi tentang lintasan satelit, waktu pengamatan, banyak satelit yang dikontrol, serta kontrol pergerakan *rotator* secara menyeluruh[5].

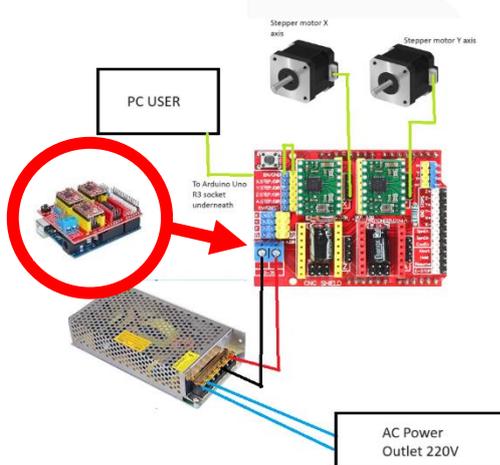
III. METODE

Desain entitas dari mekanisme *rotator* di desain menggunakan software 3D Freecad dan Solidworks. Rancangannya menggunakan rancangan dari SatNOGS *rotator* versi 3.1, rancangan ini bersifat *open source* untuk berbagai macam kebutuhan. Seperti pada gambar 1 rancangan *rotator* ini terdiri dari dua axis yaitu azimuth dan elevasi kedua sudut mampu mencapai 360 derajat. SatNOGS rotator memiliki komponen bergerak didalamnya yang terbuat dari plastik ABS dan PLA yang dibalut dengan *frame* aluminium berjenis Tslot 20 x 20mm yang ketika dirakit akan memiliki dimensi 280 x 140mm [6].



GAMBAR 1
Sketch Desain Rotator

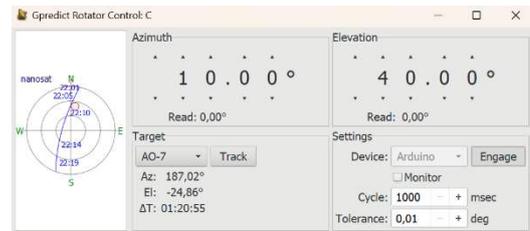
Pengujian dilakukan dengan merangkai terlebih dahulu sistem penggerak dan kontrol dari mekanisme *rotator*. Dibutuhkan Arduino uno sebagai mikrokontroler, CNC shield V3 dengan dua modul a4988 untuk menggerakkan dua 17HS4401 motor stepper dan dibutuhkan power supply 12V 10A.



GAMBAR 2
Rangkaian Kontrol Rotator

A. Pengujian mekanisme *rotator* dengan 2 axis elevasi dan azimuth

Pengujian dilakukan dengan mengontrol rotator secara manual melalui software Gpredict pada tab “Antenna control”, setelah itu pengguna akan memberi value yang diinginkan pada bagian *azimuth* dan *elevation*, lalu klik “Engage” seperti pada gambar 3. Selanjutnya pada gambar 4 dilakukan verifikasi dari pergerakan setiap axis rotator menggunakan busur derajat. Pengujian dilakukan sebanyak 0 hingga 180 derajat dan derajat axis elevasi sebesar 0 hingga 90 derajat.



GAMBAR 3
Antarmuka Gpredict

1. Rumus untuk mencari kesalahan atau *error* dari setiap percobaan,

$$Kesalahan = Percobaan - Sumbu Rotator$$

Keterangan :

- Kesalahan = Selisih *error* atau kesalahan dalam pengukuran (°)
- Percobaan = Hasil pengukuran derajat *axis rotator* (°)
- Sumbu Rotator = Referensi sumbu derajat pada busur derajat (°)

2. Rumus untuk menghitung rata – rata presentase kesalahan,

$$Ratarata = \frac{((Kesalahan\ 1 + Kesalahan\ 2 + Kesalahan\ 3) \times 100\%)}{3}$$

Keterangan :

- Rata – rata = Presentase kesalahan atau *error* (%)
- Kesalahan = Selisih *error* atau kesalahan dalam pengukuran (°)
- Sumbu Rotator = Referensi sumbu derajat pada busur derajat (°)

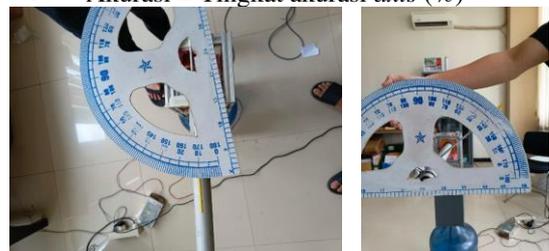
3. Menghitung akurasi sumbu *rotator* dan keakuratan setiap sumbu derajat,

$$Keakuratan = 100 - Rata\ rata$$

$$Akurasi = 100 - \left(\frac{Total\ Rata\ rata}{Banyak\ Data} \right)$$

Keterangan :

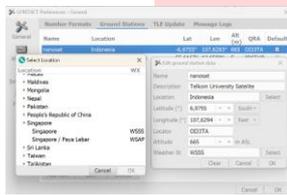
- Rata – rata = Presentase kesalahan atau *error* (%)
- Keakuratan = Tingkat keakuratan pada setiap sudut (%)
- Akurasi = Tingkat akurasi *axis* (%)



GAMBAR 4
Pengukuran Sumbu Elevasi dan Azimut

B. Pengujian *tracking* satelit orbit rendah

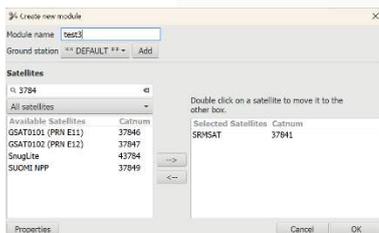
Pengujian stasiun bumi melakukan *tracking* satelit orbit rendah dengan manual maupun otomatis dilakukan pada *software* Gpredict, dengan mengetahui satelit orbit rendah apa saja yang akan di *tracking* setelah melakukan penjadwalan dalam web SatNOGS. Gambar 5 merupakan lokasi peletakan stasiun bumi UHF yang terletak di lantai 4, Gedung P, Universitas Telkom dengan koordinat latitude, longitude - 6.9755, 107.6294 dengan elevasi 665 meter diatas permukaan laut. Setelah itu data tersebut ditambahkan ke *software* Gpredict, ini berfungsi sehingga *software* Gpredict dapat mengetahui lokasi stasiun bumi saat melakukan *tracking*[7].



GAMBAR 5

a. Gedung P lantai empat, b. Koordinat Dari Google Map, c. Input Koordinat ke Gpredict

Sebelum melakukan *tracking* dilakukan *Scheduling satellite Observations*, seperti yang dilakukan pada web SatNOGS. Maka akan didapat catalog number satelit orbit rendah yang akan di *tracking* seperti pada gambar 6.



GAMBAR 6
Input Catalog Number Satelit

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pengujian mekanisme rotator dengan 2 axis elevasi dan azimut

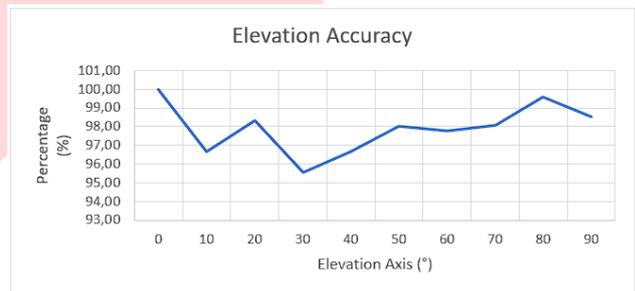
TABEL 1
Hasil Pengujian Elevasi

Sumbu Elevasi Rotator (°)	Percobaan 1 (°)	Percobaan 2 (°)	Percobaan 3 (°)	Kesalahan 1	Kesalahan 2	Kesalahan 3	Rata-rata (%)	Keakuratan (%)
0	0	0	0	0	0	0	0,00	100,00
10	9	10	10	1	0	0	3,33	96,67
20	20	20	19	0	0	1	1,67	98,33
30	27	29	30	3	1	0	4,44	95,56
40	41	40	43	1	0	3	3,33	96,67
50	52	50	49	2	0	1	2,00	98,00
60	60	63	61	0	3	1	2,22	97,78
70	72	70	68	2	0	2	1,90	98,10
80	80	81	80	0	1	0	0,42	99,58
90	89	90	93	1	0	3	1,48	98,52
Akurasi sumbu Elevasi Rotator (%)								97,92

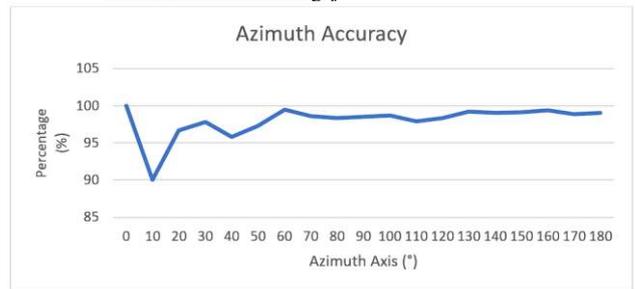
Setelah diperolehnya data, analisis diperlukan untuk mengetahui keakuratan masing – masing sudut dan akurasi kedua sumbu azimut dan elevasi.

TABEL 2
Pengujian Sumbu Azimut

Derajat Sumbu Azimut Rotator (°)	Percobaan 1 (°)	Percobaan 2 (°)	Percobaan 3 (°)	Kesalahan 1	Kesalahan 2	Kesalahan 3	Rata-rata (%)	Keakuratan (%)
0	0	0	0	0	0	0	100	100
10	10	11	8	0	1	2	10,00	90,00
20	21	20	19	1	0	1	3,33	96,67
30	30	29	29	0	1	1	2,22	97,78
40	38	40	43	2	0	3	4,17	95,83
50	51	52	49	1	2	1	2,67	97,33
60	60	60	61	0	0	1	0,56	99,44
70	69	70	68	1	0	2	1,43	98,57
80	82	78	80	2	2	0	1,67	98,33
90	89	90	93	1	0	3	1,48	98,52
100	102	100	102	2	0	2	1,33	98,67
110	113	110	114	3	0	4	2,12	97,88
120	120	122	124	0	2	4	1,67	98,33
130	130	130	127	0	0	3	0,77	99,23
140	139	141	142	1	1	2	0,95	99,05
150	150	149	153	0	1	3	0,89	99,11
160	160	160	163	0	0	3	0,63	99,38
170	170	172	174	0	2	4	1,18	98,82
180	178	180	177	2	0	3	0,93	99,07
Akurasi sumbu Azimut Rotator (%)								98,00



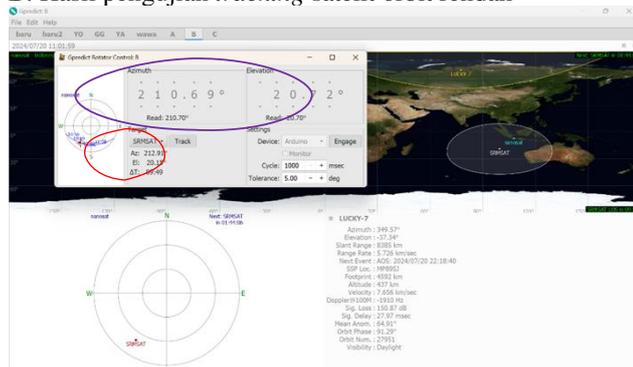
GAMBAR 7
Grafik Akurasi Pengujian Sumbu Elevasi



GAMBAR 8
Grafik Akurasi Pengujian Sumbu Azimut

Pengujian kedua sumbu *rotator* terbilang cukup baik, untuk menentukan *value* yang diuji maka digunakannya Gpredict sebagai *software* untuk menggerakkan *rotator*. Dilakukan dengan menguji kedua *axis* rotator yaitu azimut dan elevasi, masing – masing didapatkan nilai akurasi yang cukup tinggi dari perhitungan yang sudah dilakukan. Yaitu untuk sudut azimut rotator berada di angka 98% dan sudut elevasi rotator berada di angka 97,92% dari nilai percobaan yang kami lakukan sebanyak tiga kali, dengan parameter sudut azimut 0 hingga 180 derajat dan sudut elevasi 0 hingga 90 derajat. Keakuratan pergerakan pada setiap sudut juga terbilang baik dengan nilai terkecil diangka 95,56% pada sudut elevasi dan 90% pada sudut azimut. Terdapat error atau kesalahan pada keakuratan dan akurasi terhadap hasil pengukuran dikarenakan adanya gesekan yang berulang pada part gear reduksi yang berbahan plastic ABS sehingga menyebabkan cacat pada part tersebut. Pencegahan sementara telah dilakukan menggunakan *grease* atau gemuk sebagai pelumas.

B. Hasil pengujian *tracking* satelit orbit rendah



GAMBAR 9
Antarmuka Gpredict
TABEL 3

Satelit Yang Berhasil Di Tracking

Nama Satelit	catalog number	Loss of signal (Menit)	Coordinated Universal Time (UTC) (24h)	Waktu Indonesia Barat (WIB)
SRMSAT	37841	09.50	11:01 – 11:10	18:01 – 18:10
UNISAT-6	40012	10.02	10:15 – 10:25	17:15 – 17:25
AO-7	7530	06.12	08:29 – 08:35	15:29 – 15:35
Lapan A3	41603	07.26	11:11 – 11:18	18:11 – 18:18
DMSP 5D-3 F17 (USA 191)	29522	10.13	11:19 – 11:29	18:19 – 18:29

Pengujian stasiun bumi menunjukkan hasil yang cukup baik, dimana *software* Gpredict mengetahui posisi stasiun bumi ditempatkan. Stasiun bumi juga dapat mendeteksi dan mengikuti satelit orbit rendah yang sedang di observasi, yang telah ditentukan pada *software* Gpredict dengan menginput *catalog number*. Satelit orbit rendah yang akan di *tracking* salah satunya adalah SRMSAT dengan *catalog number* 37841 seperti pada gambar 5.6. Pengujian dimulai dengan memilih “Target” pada tab *antenna controller* yaitu dengan memilih satelit orbit rendah yang akan di *tracking* terlebih dahulu. Pada gambar 9 terdapat lingkaran merah yang berisi keterangan tentang posisi sudut azimut, elevasi *rotator* stasiun bumi yang harus dicapai dan ΔT . ΔT sendiri yaitu adalah keterangan posisi satelit orbit rendah ketika *intercept* atau jangkauan satelit orbit rendah hingga *tracking* bisa dicapai, dan LOS yaitu “Loss of signal”, kedua keterangan ini berupa waktu UTC “Coordinated Universal Time”, pada gambar 9 menunjukkan waktu LOS di 09.50 menit yang artinya jika sisa waktu tersebut habis satelit orbit rendah tidak lagi dapat di *tracking*. *Tracking* manual sendiri dapat dilakukan dengan klik “Engage” lalu menambahkan atau mengurangi *value* di bagian azimut dan elevasi seperti gambar 9 pada lingkaran berwarna ungu dengan menyamakan *value* dari Az dan El di kolom “Target”. Sementara *tracking* otomatis dapat dilakukan dengan hanya klik “Track” lalu “Engage” maka *rotator* akan bergerak sesuai *value* yang diberikan secara otomatis pada lingkaran berwarna merah. Dari ketiga satelit orbit rendah yang ditentukan semuanya berhasil untuk di *tracking*.

V. KESIMPULAN

Dengan perkembangan satelit orbit rendah yang cepat maka dibutuhkan juga stasiun bumi yang *compatible* dan dapat mencakup seluruh ruang lingkup seperti pengembang, akademisi, komunitas dan antusias terhadap pengembangan satelit orbit rendah. Pada umumnya stasiun bumi memiliki mekanisme tetap (*fixed*), namun tidak jarang stasiun bumi memiliki mekanisme *rotator* ini memungkinkan antena bergerak ke segala arah mengikuti lintasan orbit satelit. *Rotator* yang penulis rancang berbasis dari mekanisme *rotator* stasiun bumi rancangan SatNOGS, mulai dari desain prototype, mikrokontroler hingga *software*. Terhadap rancangan ini dilakukan pengujian berupa keakuratan setiap sumbu pada *axis* azimut dan elevasi. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa sudut azimut memiliki akurasi 98% sementara sumbu elevasi memiliki akurasi 95,56%. Integrasi terhadap *software* dan mekanisme *rotator* juga dilakukan pengujian dengan memasukkan *catalog number* pada *software*, apakah *rotator* dapat melakukan *tracking* sesuai pada *software*.

REFERENSI

- [1] D. R. Haryadi, H. Wijanto, and B. Syihabuddin, “Perancangan Dan Realisasi Sistem Gerak Aktif Satelit-Nano Berbasis Saluran Mikrostrip,” p. 2016.
- [2] A. Rahman, P. Bidang, T. Ruas, and B. Dirgantara, “Sistem Stasiun Bumi Penjejak (Trucking) Satelit Orbit (Abdul Rahman) SISTEM TRACKING STASIUN BUMI SATELIT ORBIT RENDAH.”
- [3] M. Hendi Pratama and M. Tauviquirrahman, “PENGEMBANGAN MODEL DAN SMULASI UAV (UNMANNED AREA VEHICLE) ANTENA PENJEJAK DRONE PADA PALTFORM BERGERAK,” 2023.
- [4] G. He, X. Gao, L. Sun, and R. Zhang, “A review of multibeam phased array antennas as LEO satellite constellation ground station,” 2021, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3124318.
- [5] D. White, “Overview of the Satellite Networked Open Ground Stations (SatNOGS) Project,” 2018.
- [6] K. Croissant et al., “An Updated Overview of the Satellite Networked Open Ground Stations (SatNOGS) Project,” 2022.
- [7] “SatNOGS- Satellite Networked Open Ground Station”.

